



Wildbienen und Bestäubung

Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass Wildbienen und andere Wildbestäuber bei der Bestäubung von Wild- und Kulturpflanzen eine entscheidende Rolle spielen. Ihre Häufigkeit und Vielfalt hat in den letzten Jahrzehnten durch den Verlust von Nahrungs- und Nistressourcen jedoch dramatisch abgenommen. Dies hat auch Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Nachhaltige Landwirtschaftsmethoden tragen nachweislich zur Erhaltung der Wildbienen bei. Das Potenzial zur Förderung der Wildbienen wird bisher jedoch bei Weitem nicht ausgeschöpft.

Bestäuber sind Schlüsselakteure für die Erhaltung der Biodiversität, indem sie durch ihre Aktivität die Fortpflanzung der grossen Mehrheit der Wild- und Kulturpflanzen ermöglichen. Ein Rückgang der Bestäuber führt nicht nur zu einer Abnahme der biologischen Vielfalt und zum Verlust vielfältiger Ökosystemdienstleistungen, sondern auch zu empfindlichen Ertragsverlusten in der Landwirtschaft.

Insekten wie Bienen, Wespen, Fliegen oder Käfer sind die wichtigsten Bestäuber von Wild- und Kulturpflanzen und erbringen dadurch eine enorme ökologische und ökonomische Leistung für Natur und Mensch. 78 % aller Blütenpflanzenarten der gemäßigten Breiten sind für ihre Bestäubung auf Insekten angewiesen ^[1]. Von den 109 wichtigsten Kulturpflanzen sind nicht weniger als 87 Arten (oder 80 % der Arten!) vollständig von tierischen Bestäubern abhängig ^[2]. Zu diesen Arten zählen ökonomisch wichtige Kulturpflanzen wie Apfel, Erdbeere, Mandel, Tomate oder Melone. Der wirtschaftliche Wert der Bestäuberleistung in der Landwirtschaft wird weltweit pro Jahr auf 153 Milliarden Euro geschätzt ^[3].

Bienen, die weltweit mit über 20'000 Arten und in Mitteleuropa mit 750 Arten vertreten sind, bilden die wichtigste Bestäubergruppe unter den Insekten ^[4,5]. Ihre zentrale Rolle als Bestäuber beruht auf der Tatsache, dass sie nicht nur für die eigene Ernährung, sondern auch für die Ernährung ihrer Larven grosse Mengen an Pollen und Nektar benötigen und dadurch im Vergleich zu anderen Blütenbesuchern sehr häufig Blüten besuchen müssen.

Honigbiene als Bestäuberin überschätzt

Die Honigbiene galt bis vor Kurzem als einer der wichtigsten Bestäuber. Ihr wurden bis zu 80 % der globalen Bestäubungstätigkeit in landwirtschaftlichen Kulturen zugeschrieben ^[6]. Ihre Bedeutung dürfte bisher allerdings deutlich überschätzt worden sein. So hat die im Jahr 2007 in Grossbritannien ansässige Honigbienenpopulation höchstens einen Drittel der gesamten Bestäubungsleistung abgedeckt. Der Rest dürfte auf das Konto von wilden Bestäubern gegangen sein, insbesondere von Wildbienen und Schwebfliegen ^[7]. Eine andere Untersuchung zeigte klar auf, dass blütenbesuchende Wild-



Die Honigbiene ist lediglich eine von rund 750 Bienenarten in Mitteleuropa.



Die Mauerbiene *Osmia cornuta* bestäubt Obstkulturen um ein Vielfaches effizienter als die Honigbiene.

bienen und Schwebfliegen auch dann den Fruchtansatz von landwirtschaftlichen Kulturen erhöhen, wenn die Honigbiene häufig ist [8]. Dass Honigbienen die Bestäubung durch wilde Blütenbesucher lediglich ergänzen, aber nicht ersetzen können, wurde kürzlich auch in einer global angelegten Studie nachgewiesen, welche die Bestäubungsleistung von Honigbienen und wilden Blütenbesuchern in 41 Kulturen auf allen Kontinenten verglich [9]. Tatsächlich erwies sich für die erfolgreiche Bestäubung des Kaffeebaumes entgegen der Erwartung nicht etwa die Anzahl der blütenbesuchenden Bienenindividuen, sondern die Vielfalt der verschiedenen Bienenarten als wichtigster Faktor [10]. Die Honigbiene kann also nicht als alleinige Bestäuberin in mitteleuropäischen Ökosystemen fungieren. Dies umso mehr, als in den vergangenen Jahren ihre Bedeutung als Bestäuberin in vielen Regionen durch den starken Rückgang der Imkerei und das Honigbienensterben deutlich abgenommen hat.

Wildbienen sind unersetzliche Bestäuber

Wildbienen sind dank ihrer grossen Vielfalt an Arten, die sich in Bezug auf Blütenpräferenzen, Flugzeit oder Witterungsabhängigkeit stark voneinander unterscheiden, im Vergleich zur Honigbiene je nach geografischer Region, Landschaftstyp, Wetterbedingungen oder Blütenbau oftmals ebenbürtige, effizientere oder gar die alleinigen Bestäuber bestimmter Blütenpflanzen. So fliegen mehrere Wildbienenarten auch bei geringeren Strahlungs- und Temperaturwerten und spielen gerade während längerer Schlechtwetterperioden eine wichtige Rolle bei der Bestäubung z. B. von Obst [11,12]. Schwierig ausbeutbare Blüten, die von der Honigbiene gemieden werden wie z. B. Rotklee, Luzerne oder Tomate, werden durch spezialisierte Wildbienenarten bestäubt [5]. Wildbienen sind in der Regel auch die effizienteren Bestäuber: Für die Bestäubung einer Hektare Apfel- oder Mandelanbaufläche braucht es nur wenige hundert Weibchen der Mauerbiene *Osmia cornuta* im Vergleich zu mehreren zehntausend Arbeiterinnen der Honigbiene [13,14], und für die Bestäubung von Kirsche und Raps erwiesen sich Wildbienen als die deutlich besseren Pollenüberträger als die Honigbiene [15,16].

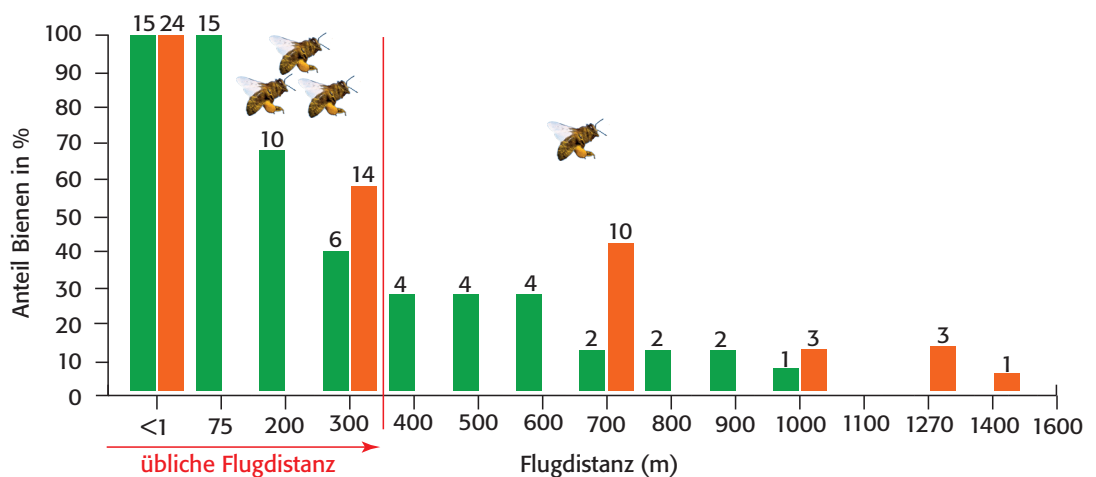


Abb. 1: Sammelflugdistanzen der Mauerbiene *Hoplitis adunca* an zwei Standorten (grün, rot). Anteil der ursprünglich markierten Weibchen, die beim Pollensammeln auf eingetopften Wirtspflanzen in zunehmenden Distanzen von ihrem Nistplatz beobachtet wurden. Obwohl vereinzelte Weibchen über 1 km weit flogen, gab die Hälfte der Individuen bereits bei einer Distanz von 300 m die Nistaktivitäten auf (Zurbuchen et al. 2010c) [27].



Die Luzerne wird ausschliesslich durch Wildbienen bestäubt, z.B. durch die Sägehornbiene *Melitta leporina*.



Die seltene Mörtelbiene *Megachile parietina* benötigt den Pollen von über 1'100 Blüten der Esparsette, um nur einen einzigen Nachkommen zu erzeugen.

Der Frucht- und Samenansatz von Kulturpflanzen scheint sich allgemein mit zunehmender Vielfalt an blütenbesuchenden Bienenarten zu erhöhen, denn Interaktionen zwischen Honigbienen und verschiedenen Wildbienenarten resultierten in einer höheren Bestäubungsleistung bei Sonnenblume und Mandel [17,18]. Bei Kaffee stieg der Fruchtsatz mit der Anzahl verschiedener Bienenarten deutlich an, nicht aber mit der Anzahl Bienenindividuen [10].

Wichtigster Garant für eine sichere Bestäubung von Wild- und Kulturpflanzen bilden demnach gesunde Honigbienenbestände in Kombination mit arten- und individuenreichen Gemeinschaften von Wildbienen und anderen Wildbestäubern wie beispielsweise Schwebfliegen [19]. Allerdings sind Schwebfliegen bis zu fünfmal weniger effiziente Bestäuber als Wildbienen [20] und nutzen im Vergleich zu den Wildbienen nur einen Teil des vorhandenen Blütenspektrums. Die Förderung der Lebensgrundlagen für die wilden Bestäuber und insbesondere für die Wildbienen drängt sich somit nicht nur aus Sicht des Naturschutzes, sondern auch aus Sicht der Landwirtschaft auf.

Bestäuber mit spezifischen Ansprüchen

Die Blütenvielfalt hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wildbienenendiversität, sammelt doch knapp die Hälfte der mitteleuropäischen Arten den Pollen ausschliesslich auf einer einzigen Pflanzengattung oder -familie. Nicht weniger als 28 verschiedene Pflanzengattungen bzw. 22 verschiedene Pflanzenfamilien dienen diesen spezialisierten Arten als exklusive Pollenquellen [21].

Die Blütenmenge bestimmt die Fortpflanzungsleistung massgeblich mit, da die Wildbienen auf enorme Pollenmengen für die Ernährung ihrer Larven angewiesen sind. So benötigt die Mörtelbiene *Megachile parietina* für die Erzeugung eines einzigen Nachkommens den gesamten Pollengehalt von 1'140 Blüten der Futteresparsette *Onobrychis viciifolia* [22], und eine Population von 50 Weibchen der Sandbiene *Andrena hattorfiana* braucht den Pollen von 920 Pflanzen der Acker-Witwenblume *Knautia arvensis*, um sich selbst zu erhalten [23]. Da die Wildbienen eine meist nur wenige Wochen dauernde Flugzeit haben und je nach Art entweder im Frühling, Frühsommer oder Spätsommer aktiv sind, stellt ein kontinuierliches Blütenangebot vom frühen

Frühling bis in den Spätsommer einen wesentlichen Faktor für die Artenvielfalt der Wildbienen in einem Landschaftsraum dar [24].

Ausschlaggebend für die Wildbienenendiversität auf Landschaftsebene ist auch das Angebot an gut besonnten Kleinstrukturen, die für den Nestbau benötigt werden [25]. Die wichtigsten Nistplätze der mitteleuropäischen Wildbienen sind je nach Art vegetationsarme Bodenstellen, Totholz-, Fels- und Steinstrukturen sowie ungemähte Flächen mit Stängelstrukturen und leeren Schneckengehäusen [21].

Weil die Wildbienen für die Versorgung ihrer Brutzellen vielfach zwischen Nahrungspflanzen und Nest hin- und herfliegen müssen, entscheidet die räumliche Distanz zwischen Nistplatz und geeigneten Futterpflanzen über den Fortpflanzungserfolg. Die maxi-

Tab. 1: Direkt gegen Wildbienen wirkende Faktoren

A. Vom Menschen beeinflusste Faktoren	
Zerstörung und Beeinträchtigung geeigneter Lebensräume	
Rückgang der Blütenvielfalt	+++
Rückgang der Blütenmenge	+++
Verlust besonnener Kleinstrukturen	+++
Verinselung blüten- und strukturreicher Habitate (Fragmentierung)	+++
Gleichförmige Nutzung grosser Flächen (z.B. Schnittzeitpunkt)	++
Einsatz landwirtschaftlicher Hilfsstoffe	
Herbizide	++
Pestizide	++
Weitere mögliche Faktoren	
Neozoen (nicht-einheimische Arten)	-
Klimaerwärmung	- / ?
Gentechnisch veränderte Pflanzen	- / ?
Neophyten	-
B. Natürliche Faktoren	
Verpilzung der Nahrungsvorräte	+
Parasiten	+
Räuber	-
Schlechtwetterperioden	+

Relevanz: +++ = sehr hoch; ++ = hoch; + = mässig; - = marginal; ? = unbekannt



Käferfrassgänge in besonntem Totholz sind wichtige Nistplätze für zahlreiche Wildbienenarten.



Etwa die Hälfte der mitteleuropäischen Wildbienenarten nistet in selber gegrabenen Gängen an gut besonnten und meist vegetationsarmen Bodenstellen.

malen Flugdistanzen zwischen Nist- und Nahrungshabitaten liegen für die meisten Wildbienenarten zwischen 300 und 1500 Metern [26,27] (Abb. 1), wobei aber lange Sammelfluggdistanzen mit hohen Einbussen verbunden sind: Bereits eine Zunahme der Distanz zwischen Nest und Futterpflanzen um lediglich 150 m kann zu einer Verringerung der Anzahl versorgten Brutzellen um nahezu 25 % [27,28] und zu einer Reduktion der Anzahl überlebensfähiger Nachkommen um über 70 % führen [29].

Tab. 2: Wesentliche Massnahmen für den Schutz und die Förderung der Wildbienen auf dem Landwirtschaftsbetrieb

Erhaltung blüten- und kleinstruktureicher Lebensräume	+++
Artenreiche Wiesen und Weiden	
Böschungen, Brachen, Kiesgruben, Pionierflächen	
Erhöhung der Blütenvielfalt und -menge	+++
Extensivierung von Grünland	
Anlage von Blühstreifen entlang von Feldern, Hecken, Waldrändern, Fließgewässern und Wegen	
Erhaltung und Schaffung gut besonnter Kleinstrukturen	+++
Offene Bodenstellen (Erdanrisse, Abbruchkanten, unversiegelte Wege, Wegränder) und Steinstrukturen (Felsen, Trockenmauern, Findlinge)	
Totholzstrukturen (liegende oder stehende Stämme, Starkäste, Stubben)	
Ungemähte Flächen mit Stängelstrukturen, leere Schneckengehäuse als Überwinterungsorte	
Vernetzung blüten- und kleinstruktureicher Lebensräume	+++
Distanzen zwischen Nist- und Nahrungsarten unter 200–300 m	
Zeitlich gestaffelte Mahd und Beweidung von Grünland	++
Reduktion des Herbizid- und Pestizideinsatzes	++
Anwendung mechanischer statt chemischer Unkrautregulierung	
Verzicht auf Pestizide mit Nebenwirkungen auf Nicht-Zielorganismen	
Reduktion der Stickstoff-Düngung im Grünland	++
Verzicht auf Stickstoffmineraldünger	
Ausbringung von Kompost statt Gülle	
Gänzlicher Verzicht auf die Düngung ausgewählter Flächen	

Relevanz: +++ = sehr wichtig; ++ = wichtig

Aufgrund der hohen Ansprüche an ihre Nahrungs- und Nistressourcen reagieren Wildbienenpopulationen empfindlich auf alle Landschafts- und Lebensraumveränderungen, die zu einer Verringerung oder zu einer räumlichen Veränderung des Angebotes an Blüten und Kleinstrukturen führen.

Alarmierender Rückgang der Wildbienen in den letzten Jahrzehnten

Seit den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts haben sich Landschaft und Landnutzung drastisch verändert [30]. Im Rahmen der intensiven, teils industriellen Landwirtschaft wurden einerseits viele magere und extensiv genutzte, blüten- und kleinstruktureiche Lebensräume zerstört. Andererseits verbrachten bzw. verwaldeten wertvolle Grenzertragsstandorte durch Nutzungsaufgabe. Insbesondere die Nutzungsintensivierung im Grünland durch Einsatz von Mineraldüngern und Herbiziden und der Wechsel von Heu- zu Silagenutzung führten zu blütenarmen, ausgeräumten Landschaften. Das heutzutage stark verminderte Angebot an Nahrungs- und Nistressourcen sowie die zunehmende Verinselung blüten- und kleinstruktureicher Flächen hat zu einem starken Rückgang der Häufigkeit und der Artenvielfalt der Wildbienen geführt (Tab. 1).

In Mitteleuropa sind je nach Land und Region zwischen 25 % und 68 % aller Wildbienenarten gefährdet [21]. Damit gehören Wildbienen zu den Insektengruppen mit den höchsten Prozentsätzen an gefährdeten Arten.

Negative Auswirkungen des chemischen Pflanzenschutz

Die weit verbreitete Anwendung systemisch wirkender Insektizide wie Neonicotinoide und Pyrethroide in Europa bewirkt, dass diese Giftstoffe via Nektar und Pollen der Kulturpflanzen unkontrolliert in Spuren an viele blütenbesuchende Insekten in der Kulturlandschaft weitergegeben werden. Wild-, Honigbienen, Schwebfliegen, Käfer und viele andere Blütenbesucher sind auf diese Weise über längere Zeit diesen Giftstoffen ausgesetzt.

Neben der direkt abtötenden Wirkung von Pestiziden sind diverse subletale Effekte mit negativen Auswirkungen auf Gesundheit und Verhalten der Bienen nachgewiesen worden [31,32].



Vertikale Stängelstrukturen auf ungemähten Bracheflächen werden von einer Reihe seltener Wildbienenarten als Nistplatz genutzt.



Die Anzahl versorgter Brutzellen der auf Natternkopf spezialisierten Mauerbiene (*Hoplitis adunca*) reduziert sich bei einer Zunahme der Distanz zwischen Nest und Futterpflanzen um lediglich 150 Meter schon um rund ein Viertel.

So haben Neonicotinoide negative Auswirkungen auf das Verhalten, die Fortpflanzung und die Gehirnentwicklung von Honigbienen, Hummeln und stachellosen Bienen [31,32,33,34,35,36]. Demzufolge sind auch schädigende Einflüsse auf die Bestände von solitären Wildbienen zu erwarten.

Neueste Untersuchungen zeigen, dass die Immunabwehr durch Pestizide vermindert und dadurch Darmpathogene und -parasiten die Gesundheit der Bienen beeinträchtigen können [38].

Der biologische Landbau verzichtet auf chemisch-synthetische Pestizide und setzt dagegen auf Pflanzenschutzmittel, die meist keine oder mässige Nebenwirkungen auf Nicht-Zielorganismen wie Insekten, andere Kleintiere und Wirbeltiere haben.

Förder- und Schutzmassnahmen für Wildbienen

Wildbienen können durch gezielte Schutzmassnahmen erfolgreich gefördert werden (Tab. 2). Grundsätzlich gilt, dass der Erhaltung blüten- und kleinstruktureicher Lebensräume höchste Priorität eingeräumt werden sollte. Jede Massnahme zur Erhöhung der Menge, Vielfalt und Verteilung von Blütenpflanzen und gut besonnten Kleinstrukturen erhöht die Artenvielfalt und die Populationsgrössen der Wildbienen. Dabei sind eine enge Nachbarschaft von Nahrungs- und Nistressourcen und ein kontinuierliches Blütenangebot vom frühen Frühling bis in den Spätsommer von entscheidender Bedeutung.

Positive Effekte biologischer Bewirtschaftung

Biologischer Landbau ist als Gesamtsystem vorteilhaft für die Erhaltung und Förderung der Wildbienen. Folgende Massnahmen tragen dazu bei:

1. Verzicht auf chemisch-synthetische Pestizide
2. Kein Einsatz von Kunstdüngern
3. Vermehrter Anbau von Klee in Ackerfruchtfolgen. Diverse Hummel- und andere Wildbienenarten werden durch Leguminosen wie Luzerne, Rot- und Weissklee gefördert, wo sie reichlich Nahrung finden können.
4. Anwendung nicht-chemischer Unkrautregulierung. Dies führt zu einer blütenreichen Ackerflora mit Pflanzen, die reich an wichtigen Nektar- und Pollenquellen sind [39].

5. Extensive Graslandnutzung führt zu blütenreichen, wenigergrasdominierten Beständen und letztlich zu mehr insektenbestäubten Pflanzen [40].
6. Schweizer Biobetriebe weisen im Durchschnitt 66 % mehr Biodiversitätsförderflächen als Nicht-Biobetriebe auf [41] und besitzen somit im Allgemeinen ein grösseres Blütenangebot und mehr Kleinstrukturen mit Nistplätzen als Nicht-Biobetriebe.

Biologischer Landbau kann die Wildbienen Vielfalt und -häufigkeit nicht nur auf Betriebs-, sondern auch auf Landschaftsebene fördern [42]. Mehrere Studien belegen, dass Biolandbau die Artenvielfalt, die Individuenzahl und die Vermehrungsraten der Wildbienen fördert [42,43,44,45] (Abb. 2). Die reproduktive Vermehrung (Nistplätze) von solitären Wildbienen (*Osmia lignaria*) wird vor allem in Landschaften mit einer geringen Strukturierung durch Biobetriebe begünstigt [46].

Die Bestäubung der Kulturpflanzen, vor allem jene anspruchsvoller Kulturen wie Wassermelone, kann auf Biobetrieben durch Wildbienen teils besser sichergestellt werden und ist so letztlich weniger auf kostenintensive Bestäuber wie Hummeln und Honigbienen angewiesen [47,48]. Dabei spielt die grössere Vielfalt und Anzahl der Bestäuber auf diesen Betrieben eine zentrale Rolle. Andersson et al.

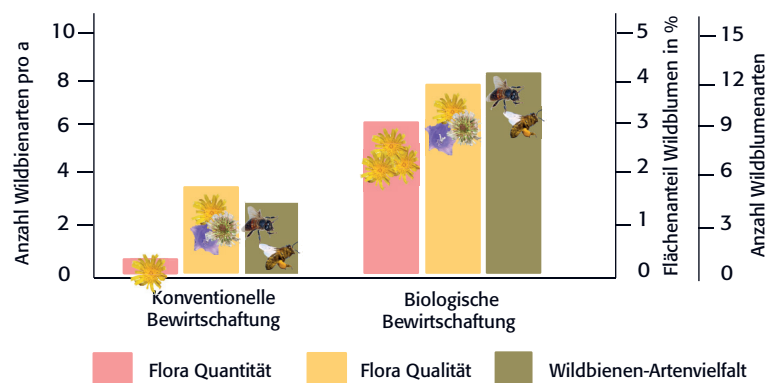


Abb. 2: Biologische Bewirtschaftung von Ackerland fördert die Wildbienen Vielfalt dank einem höheren Blütenangebot und einer höheren Blütenpflanzen Vielfalt (Darstellung vereinfacht nach Ergebnissen von Holzschuh et al., 2007) [43].



Eine arten- und blütenreiche (Bio-)Ackerflora versorgt Wildbienen mit Nektar und Pollen.



Blühflächen sind unentbehrliche Nahrungsressourcen für Wildbienen und überlebenswichtige Winterquartiere für Stängelnistler.

[48] haben in biologisch bewirtschafteten Erdbeerkulturen einen höheren Bestäubungserfolg festgestellt als in konventionellen. Dies führte zu einem höheren Fruchteertrag und geringeren Verlusten durch unförmige/deformierte und somit unverkäuflichen Beeren (Abb. 3). Dies konnte schon nach einer Umstellungsphase von 2–4 Jahren festgestellt werden. Mit steigender Abundanz und Diversität der Bestäuber verbessert sich die Bestäubung von insektenbestäubten Kulturpflanzen.

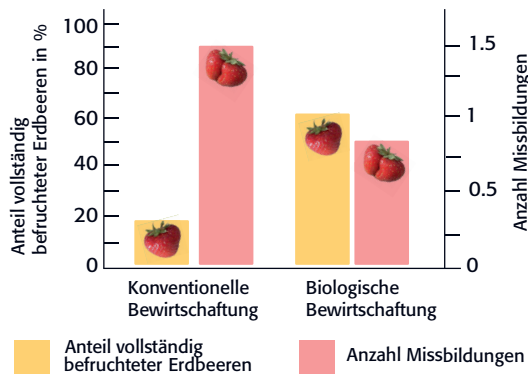


Abb. 3: Bioanbau kann zu einer besseren Bestäubung von Kulturpflanzen führen und so zu einem höheren Anteil verkäuflicher Ware beitragen (Beispiel Erdbeeren) [48].

Schlussfolgerungen für die Landwirtschaft und die Gesellschaft

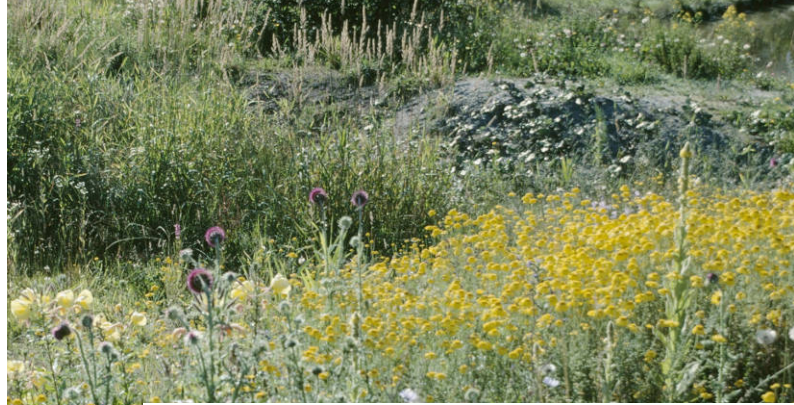
Das Angebot an blüten- und strukturreichen, naturnahen Flächen sollte so erhöht werden, dass diese mit einer maximalen Distanz von 200 bis 300 m zueinander das Überleben der Wildbienenarten sichern und die Bestäubung und somit die Erträge in der Landwirtschaft gewährleisten. Dies erfolgt am besten durch eine vielfältige Landnutzung kombiniert mit schonenden Anbauformen wie Low-Input, Bio-Ackerbau und Verzicht auf chemische Hilfsstoffe. Mit der Förderung der Wildbienen, dem Schutz der Honigbiene und der Förderung landwirtschaftlicher Nützlinge werden beträchtliche Synergien erzielt.

Um den Rückgang der Wildbienenbestände zu stoppen, braucht es vermehrt blühende Landschaften, in denen – zusätzlich zu den bekannten Biodiversitätsförderflächen – massgeschneiderte, bestäuberfördernde Blühflächen eingerichtet werden.

Die Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen durch wildlebende Insekten ist letztendlich die Grundlage für eine nachhaltige Ernährungssicherung und trägt wesentlich zur Erhaltung unserer Lebensgrundlage Biodiversität und zur Absicherung vieler zentraler Ökosystemleistungen bei.



Blühstreifen entlang von Wegen, Hecken und Feldern sind ein geeignetes Mittel, um Wildbienen zu fördern.



Lückige Pionier- und Ruderalflächen sind vor allem für Boden- und Stängel-nister unentbehrlich.

Literatur

- [1] Ollerton, J. Winfree, R. & Tarrant, S. (2011): How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, 321-326.
- [2] Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274, 303-313.
- [3] Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J. & Vaissiere, B.E. (2009): Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economy*, 68, 810-821.
- [4] Michener, C.D. (2007): *The bees of the world*. 2nd edition. Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- [5] Westrich, P. (1990): *Die Wildbienen Baden-Württembergs*. Stuttgart, Ulmer.
- [6] Carreck, N. & Williams, I. (1998): The economic value of bees in the UK. *Bee world*, 79, 115-123.
- [7] Breeze, T.D., Bailey, A.P., Balcombe, K.G. & Potts, S.G. (2011): Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142, 137-143.
- [8] Garibaldi, L.A., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J.M., Bommarco, R., Cunningham, S.A. & Klein, A.M. (2011): Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, 14, 1062-1072.
- [9] Garibaldi, L.A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M.A., Bommarco, R., Cunningham, S.A. & Klein, A.M. (2013): Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339, 1608-1611.
- [10] Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. & Tscharntke, T. (2003): Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270, 955-961.
- [11] Schindler, M. & Peters, B. (2011): Eignen sich die Mauerbienen *Osmia bicornis* und *Osmia cornuta* als Bestäuber im Obstbau? *Erwerbs-Obstbau*, 52, 111-116.
- [12] Brittain, C., Kremen, C. & Klein, A.M. (2013a): Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global change biology*, 19, 540-547.
- [13] Vicens, N. & Bosch, J. (2000): Pollinating efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on "Red Delicious" apple. *Environmental Entomology*, 29, 235-240.
- [14] Bosch, J. & Kemp, W. (2001): How to manage the blue orchard bee as an orchard pollinator. *Sustainable Agriculture Network handbook series*, book 5.
- [15] Holzschuh, A., Dudenhöffer, J.-H. & Tscharntke, T. (2012): Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biological conservation*. *Biological Conservation*, 153, 101-107.
- [16] Woodcock, B.A., Edwards, M., Redhead, J., Meek, W.R., Nuttall, P., Falk, S., Nowakowski, M. & Pywell, R.F. (2013): Crop flower visitation by honeybees, bumblebees and solitary bees: Behavioural differences and diversity responses to landscape. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 171, 1-8.
- [17] Greenleaf, S.S. & Kremen, C. (2006): Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103, 13890-13895.
- [18] Brittain, C., Williams, N., Kremen, C. & Klein, A.M. (2013b): Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280, 20122767.
- [19] Aebi, A., Vaissière, B.E., van Engelsdorp, D., Delaplane, K.S., Roubik, D. W. & Neumann, P. (2012): Back to the future: *Apis* versus non-*Apis* pollination. *Trends in Ecology and Evolution*, 27, 142-143.
- [20] Jauker, F., Bondarenko, B., Becker, H.C. & Steffan-Dewenter, I. (2012): Pollination efficiency of wild bees and hoverflies provided to oilseed rape. *Agricultural and Forest Entomology*, 14, 81-87.
- [21] Zurbuchen, A. & Müller, A. (2012). *Wildbienenenschutz - von der Wissenschaft zur Praxis*. Bristol-Stiftung, Zürich. Haupt-Verlag, Bern.
- [22] Müller, A., Diener, S., Schnyder, S., Stutz, K., Sedivy, C. & Dorn, S. (2006): Quantitative pollen requirements of solitary bees: implications for bee conservation and the evolution of bee-flower relationships. *Biological Conservation*, 130, 604-615.
- [23] Larsson, M. & Franzen, M. (2007): Critical resource levels of pollen for the declining bee *Andrena hattorfiana* (Hymenoptera, Andrenidae). *Biological Conservation*, 134, 405-414.
- [24] Oertli, S., Müller, A. & Dorn, S. (2005a): Ecological and seasonal patterns of diversity in a species-rich bee assemblage (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). *European Journal of Entomology*, 102, 53-63.
- [25] Potts, S.G., Vulliamy, B., Roberts, S., O'Toole, C., Dafni, A., Ne'eman, G. & Willmer, P. (2005): Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. *Ecological Entomology*, 30, 78-85.
- [26] Zurbuchen, A., Bachofen, C., Müller, A., Hein, S. & Dorn, S. (2010a): Are landscape structures insurmountable barriers for foraging bees? A mark-recapture study with two solitary pollen-specialist species. *Apidologie*, 41, 497-508.
- [27] Zurbuchen, A., Landert, L., Klaiber, J., Müller, A., Hein, S. & Dorn, S. (2010c): Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation*, 143, 669-676.
- [28] Zurbuchen, A., Cheesman, S., Klaiber, J., Müller, A., Hein, S. & Dorn, S. (2010b): Long foraging distances impose high costs on offspring production in solitary bees. *Journal of Animal Ecology*, 79, 674-681.
- [29] Peterson, J.H. & Roitberg, B.D. (2006): Impacts of flight distance on sex ratio and resource allocation to offspring in the leafcutter bee, *Megachile rotundata*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59, 589-596.
- [30] Ewald, K. & Klaus, G. (2009): *Die ausgewechselte Landschaft. Vom Umgang der Schweiz mit ihrer wichtigsten natürlichen Ressource*. Haupt Verlag, Bern.
- [31] Gill, R.J., Ramos-Rodriguez, O. & Raine, N.E. (2012): Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature*, 491, 105-109.



Blütenreiche Mager- und Glatthaferwiesen gehören zu den wichtigsten Wildbienenlebensräumen.



Eine enge Nachbarschaft von blütenreichen Wiesen und kleinstruktureichen Weiden erhöht die Artenvielfalt der Wildbienen stark.

- [32] Whitehorn, P.R., O'Connor, S., Wäckers, F.L. & Goulson, D. (2012): Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science*, 336, 351-352.
- [33] Mommaerts, V., Reynders, S., Boulet, J., Besard, L., Sterk, G. & Smagghe, G. (2010): Risk assessment for side-effects of neonicotinoids against bumblebees with and without impairing foraging behavior. *Ecotoxicology*, 19, 207-215.
- [34] Henry, M., Béguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J.-F., Aupinel, P., Aptel, J., Tchamitchian, S. & Decourtye, A. (2012): A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees. *Science*, 336, 348-350.
- [35] Laycock, I., Lenthall, K.M., Barratt, A.T. & Cresswell, J.E. (2012): Effects of imidacloprid, a neonicotinoid pesticide, on reproduction in worker bumble bees (*Bombus terrestris*). *Ecotoxicology*, 21, 1937-1945.
- [36] Tomé, H.V.V., Martins, G.F., Lima, M.A.P., Campos, L.A.O. & Guedes, R.N.C. (2012): Imidacloprid-induced impairment of mushroom bodies of the native stingless bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. *PLoS ONE*, 7, e38406.
- [37] Elston, C., Thompson, H.M. & Walters, K.F.A. (2013): Sub-lethal effects of thiamethoxan, a neonicotinoid pesticide, and propiconazole, a DMI fungicide, on colony initiation in bumblebees (*Bombus terrestris*) micro-colonies. *Apidologie*, 44, 563-574.
- [38] Di Prisco, G., Cavaliere, V., Desiderato Annoscia, D., Varricchio, P., Caprio, E., Nazzi, F., Gargiulo, G. & Pennacchio, F. (2013): Neonicotinoid clothianidin adversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees *PNAS* 110 (46) 18466-18471.
- [39] Clough, Y., Holzschuh, A., Gabriel, D., Purtauf, T., Kleijn, D. et al. (2007): Alpha and beta diversity of arthropods and plants in organically and conventionally managed wheat fields *Journal of Applied Ecology* 44: 804-812.
- [40] Power, E.F. & Stout, J.C. (2011): Organic dairy farming: impacts on insect-flower interaction networks and pollination. *Journal of Applied Ecology*, 48: 561-569.
- [41] Schader C., Pfiffner L., Schlatter C. & Stolze M. (2008): Umsetzung von Ökomassnahmen auf Bio- und ÖLN-Betrieben. *Agrarforschung* 15: 506-511.
- [42] Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I. & Tschamtker, T. (2008): Agricultural landscapes with organic crop support higher pollinator diversity. *Oikos* 117: 354-361.
- [43] Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D. & Tschamtker, T. (2007): Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* 44: 41-49.
- [44] Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I. & Tschamtker, T. (2010): How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *Journal of Animal Ecology* 79: 491-500.
- [45] Rundlöf, M., Nilsson, H. & Smith, H.G. (2008): Interacting effects of farming practice and landscape context on bumble bees. *Biological Conservation* 141: 417-426.
- [46] Williams, N.M. & Kremen, C. (2007): Resource distributions among habitats determine solitary bee offspring production in a mosaic landscape. *Ecological applications* 17: 910-921.
- [47] Kremen, C., Williams, N.M. & Thorp, R.W. (2002): Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 16812-16816.
- [48] Andersson, G.K.S., Rundlöf, M. & Smith, H.G. (2012): Organic Farming Improves Pollination Success in Strawberries. *PLoS ONE* 7(2): e31599. doi:10.1371/journal.pone.0031599.

Impressum

Herausgeber:

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
Ackerstrasse 113, Postfach 219, CH-5070 Frick
Tel. +41 (0)62 8657-272, Fax -273
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Autoren: Lukas Pfiffner (FiBL), Andreas Müller (ETH Zürich)

Redaktion: Gilles Weidmann (FiBL)

Gestaltung: Daniel Gorba (FiBL)

Bildnachweis: Mike Hermann: Seite 2 (2); Bernhard Jacobi: S. 1 (3); Andreas Müller: S. 3 (1, 2); ETH-Bibliothek Zürich, Albert Krebs, Winterthur: S. 1 (2), 2 (1), 4 (2), 5 (2), 7 (2); Lukas Pfiffner: S. 1 (1), 4 (1), 5 (1), 6 (1, 2), 7 (1), 8 (1, 2)

Schutzgebühr: 4.00 Euro, 4.80 CHF (inkl. MwSt.)

FiBL-Best. Nr. 1633

ISBN-Nr. 978-3-03736-249-5

© FiBL 2014

Das Faktenblatt ist unter www.shop.fibl.org kostenlos abrufbar.

Titelbild:

*Landschaften, die dank vielfältiger und extensiver Nutzung auf engem Raum ein artenreiches, grosses und kontinuierliches Blütenangebot sowie einen hohen Reichtum an Kleinstrukturen bieten, sind besonders reich an Wildbienen. Eine typische Wildbienenart von Agrarlandschaften ist die spezialisierte Sandbiene *Andrena agillissima*, die Ackersenf als Pollenquelle und sonnige Erdanrissstellen für die Nestanlage benötigt.*